

Влияние каскадных распадов вакансий на результаты воздействия ионизирующих излучений на вещество

Чайников Александр Павлович

Кочур Андрей Григорьевич, Явна Виктор Анатольевич

Ростовский государственный университет путей сообщения

Кочур Андрей Григорьевич, д.ф.-м.н.

chaynikov.a.p@gmail.com

Облучение вещества высокоэнергетическими фотонами или потоками заряженных частиц приводит к ионизации атомов. Распад вакансий во внутренней электронной оболочке многоэлектронного атома представляет собой каскад последовательных радиационных и безрадиационных переходов [1,2]. Фотоны и электроны, испущенные при каскадной релаксации, могут обладать энергией, достаточной для вторичной ионизации соседних атомов. Таким образом, процессы каскадного распада внутренних вакансий могут усиливать разрушительный эффект воздействия излучения. При теоретическом описании взаимодействия ионизирующих излучений с веществом это обстоятельство, как правило, не учитывается. Целью настоящей работы является исследование влияния процессов каскадной релаксации на последствия воздействия ионизирующих излучений на вещество.

Нами разработан алгоритм и создана компьютерная программа, позволяющая моделировать методом Монте-Карло процессы в веществе под воздействием потока фотонов или электронов, включая процессы каскадного распада внутренних вакансий. Моделирование основано на детальном анализе процессов, вызываемых каждым из вторичных фотонов и электронов внутри сферической зоны заданного радиуса вокруг точки первичной ионизации.

Расчеты проведены для неупорядоченного твердого неона, облучаемого фотонами с энергиями в интервале от 4 до 400 Ry. Рассчитаны распределение плотности поглощенной энергии, концентрации процессов фотоионизации и неупругого рассеяния электронов, спектры фотонов, фото-, оже- и костер-крониговских электронов, испущенных внутри зоны; спектры фотонов и электронов, покинувших зону; зарядовые спектры конечных ионов.

Интегральные характеристики вторичных процессов в неупорядоченном твердом неоне при поглощении одного фотона энергии 100 Ry в сферической зоне радиусом 8.1 нм приведены в таблице:

Рассчитанная характеристика	Каскады учтены	Каскады не учтены	Относительное изменение, %
Доля энергии, поглощенная внутри зоны	0.28	0.79	+185
Число неупругих процессов от вторичных электронов	20.94	12.32	-41
Число упругих рассеяний электронов	133.87	81.99	-39
Число процессов вторичной фотоионизации	0.35	0	-100
Число электронов, покинувших зону	17.69	10.05	-43
Число фотонов покинувших зону	8.58	0	-100
Энергия, унесенная из зоны электронами, Ry	62.44	20.87	-67
Энергия, унесенная из зоны фотонами, Ry	9.85	0	-100
Средний заряд конечных ионов, e	1.06	1.75	+65

Установлено, что учет явлений каскадной релаксации ионизированных атомов является принципиально важным при описании взаимодействия излучения с веществом. Показано, что пренебрежение процессами каскадного распада внутренних вакансий приводит к существенным (от десятков до сотен процентов) ошибкам во всех рассчитываемых характеристиках (см. табл.). Таким образом, учет процессов каскадного распада вакансий является необходимым при теоретическом описании воздействия ионизирующих излучений на вещество и биологические объекты.

Список публикаций:

[1] Krause M. O., Vestal M. L., Johnston W. H., Carlson T. A. // *Phys. Rev.* 1964. V. 133. P. A385-90.

[2] Kochur A. G., Dudenko A. I., Sukhorukov V. L., Petrov I. D. // *J. Phys. B.: At. Mol. Opt. Phys.* 1994. V. 27. P. 1709–21.